

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara ruangan memiliki campuran dari berbagai komponen gas yang terdiri atas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), uap air (H_2O), serta sejumlah kecil senyawa volatil lainnya. Komposisi yang ada pada udara ruangan tersebut dapat berubah akibat aktivitas manusia maupun kondisi lingkungan, sehingga berpengaruh terhadap kualitas udara dalam ruangan. Kualitas udara ruangan menjadi salah satu faktor yang berperan penting terhadap kesehatan dan kenyamanan manusia, karena sebagian besar aktivitas sehari-hari dapat dilakukan di dalam ruangan. Berbagai penelitian sedang mengembangkan suatu material berpori sebagai salah satu alternatif yang banyak dikembangkan untuk berinteraksi dengan molekul-molekul di udara melalui mekanisme adsorpsi (baik secara fisik ataupun kimia), pertukaran ion, maupun interaksi secara elektrostatis. Oleh karena itu, pengembangan material berpori yang memiliki stabilitas tinggi dan dapat disintesis dari bahan baku ramah lingkungan perlu dilakukan sebagai pengembangan topik dalam bidang ilmu material [1].

Salah satu material yang dapat dikembangkan untuk dapat berinteraksi dengan molekul-molekul yang ada di dalam ruangan adalah zeolit. Zeolit merupakan material aluminosilikat kristalin berpori yang tersusun atas unit tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 yang saling terhubung melalui atom oksigen sehingga membentuk jaringan tiga dimensi dengan rongga dan saluran berukuran molekuler [2]. Saat ini zeolit banyak dikaji dan digunakan sebagai penyerap gas karena struktur mikroporinya teratur, memiliki stabilitas termal dan luas permukaan yang tinggi, serta kemampuan berinteraksi dengan molekul berukuran kecil melalui proses adsorpsi fisik dan pertukaran ion.

Di antara berbagai jenis zeolit, zeolit sodalit merupakan salah satu mineral aluminosilikat berpori yang banyak dikembangkan karena memiliki stabilitas termal dan kimia yang baik, zeolit sodalit berpotensi diaplikasikan sebagai adsorben, katalis, penukar ion, dan membrane pemisah gas, serta dapat disintesis dari berbagai sumber silika dan alumina, termasuk limbah [3]. Zeolit sodalit memiliki struktur yang tersusun atas kerangka tiga dimensi aluminosilikat yang membentuk rongga khas (β -cage) dengan rasio Si/Al mendekati 1. Rasio Si/Al yang

rendah menyebabkan kerangka zeolit memiliki situs bermuatan negatif sehingga memerlukan kation penyeimbang, seperti Na^+ , untuk mempertahankan kenetralan struktur [4]. Keberadaan kation pada kerangka zeolit tersebut menghasilkan medan elektrostatik yang kuat sehingga meningkatkan afinitas zeolit terhadap molekul gas yang memiliki momen kuadrupol, khususnya karbon dioksida (CO_2). Oleh karena itu, zeolit sodalit berpotensi diaplikasikan sebagai adsorben pada proses penangkapan gas CO_2 [5].

Sintesis zeolit sodalit terus berkembang sebagai upaya memperoleh material berpori dengan proses yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Hamid dkk, (2025), zeolit sodalit berhasil disintesis dari kaolin alam melalui proses kristalisasi pada suhu relatif rendah ($80 - 120\text{ }^\circ\text{C}$) selama 24 jam. Hasil karakterisasi XRD dan FTIR menunjukkan terbentuknya fase sodalit dengan kristalinitas yang baik, sedangkan hasil analisis SEM memperlihatkan morfologi partikel yang seragam [6]. Berbagai metode sintesis zeolit sodalit telah berhasil dilakukan, seperti metode hidrotermal, solvotermal, maupun metode lainnya. Metode-metode tersebut mampu menghasilkan zeolit dengan kristalinitas yang baik. Namun pada prosesnya masih memerlukan bahan berkualitas tinggi, penggunaan pelarut dalam jumlah besar, serta konsumsi energi yang cukup tinggi. Proses tersebut menimbulkan hambatan pada aspek ekonomi dan lingkungan untuk skala yang lebih besar. Oleh karena itu, diperlukan metode sintesis yang ramah lingkungan dari *low-grade material* sebagai bahan baku alternatif sintesis zeolit. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Liu dkk, (2020), zeolit tipe kankrinit berhasil disintesis dari *blast furnace slag* (BFS) melalui pencampuran prekursor padat dengan NaOH padat dan dilakukan proses kristalisasi pada suhu relatif rendah ($100\text{ }^\circ\text{C}$) tanpa penggunaan media pelarut. Hasil yang diperoleh menunjukkan kristalinitas tinggi dengan morfologi mikrosfer dan luas permukaan mencapai $37,2\text{ m}^2/\text{g}$. Hal ini menunjukkan bahwa metode bebas pelarut tidak hanya lebih ramah lingkungan, tetapi juga mampu menghasilkan zeolit yang berkualitas dengan waktu sintesis lebih singkat [7].

Keberhasilan pembentukan zeolit juga dipengaruhi oleh pemilihan prekursor sebagai sumber aluminosilikat. Pemanfaatan limbah pertanian seperti abu sekam padi sebagai sumber silika serta limbah kaleng alumunium sebagai sumber alumina

tidak hanya mendukung konsep pemanfaatan limbah tetapi juga dapat memberikan keuntungan secara ekonomi. Dari penelitian yang dilakukan oleh Rahmi (2023), pembakaran abu sekam padi pada suhu 800 °C mampu menghasilkan kandungan silika sebesar 99,5% [8]. Dan pada kaleng minuman mengandung kadar alumunium hingga sebesar 60%, dengan kadar dalam 1 gram bisa mencapai 10–15 % [9] [10].

Banyak penelitian yang telah berhasil mensintesis zeolit sodalit menggunakan berbagai sumber silika dan alumina alternatif. Namun penelitian tersebut umumnya berfokus pada optimasi kondisi sintesis, peningkatan kristalinitas, karakterisasi struktur, serta pengujian pada aplikasi tertentu. Hal ini menjadikan kajian mengenai karakteristik zeolit sodalit yang disintesis dengan metode bebas pelarut, serta interaksinya terhadap udara ruangan masih sangat terbatas. Udara ruangan memiliki campuran berbagai komponen, seperti uap air, oksigen, karbon dioksida, dan sejumlah senyawa volatil yang berpotensi berinteraksi dengan permukaan maupun sistem pori zeolit. Karakteristik tersebut memungkinkan zeolit sodalit mengalami perubahan sifat fisik maupun kimia setelah terpapar udara dalam periode tertentu. Kajian mengenai interaksi zeolit sodalit hasil sintesis terhadap udara ruangan diperlukan untuk memberikan informasi mengenai perilaku material setelah pemaparan pada kondisi lingkungan sebenarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi pengembangan sintesis zeolit sodalit bebas pelarut dari abu sekam padi dan limbah kaleng minuman?
2. Bagaimana karakterisasi zeolit yang disintesis dari *low-grade material*?
3. Bagaimana interaksi zeolit tipe sodalit hasil sintesis terhadap udara ruangan berdasarkan perubahan karakteristik material setelah pemaparan?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah berikut:

1. Sumber silika yang digunakan berasal dari abu sekam padi.

2. Sumber alumina berasal dari limbah kaleng minuman berbahan aluminium.
3. Sintesis zeolit dilakukan dengan metode sintesis bebas pelarut.
4. Instrumen yang digunakan adalah Difraktometer sinar-X (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR).
5. Kajian interaksi zeolit hasil sintesis terhadap udara ruangan dilakukan pada kondisi udara ruang selama waktu tertentu.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi zeolit sodalit tanpa menggunakan pelarut dari abu sekam padi dan limbah kaleng minuman.
2. Mengidentifikasi zeolit hasil sintesis berdasarkan struktur kristal dan morfologi partikel menggunakan instrumen XRD dan SEM.
3. Mengkaji interaksi zeolit hasil sintesis terhadap udara ruangan berdasarkan perubahan karakteristik material setelah pemaparan.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi mengenai sintesis zeolit sodalit dari *Low-grade material* dengan metode bebas pelarut serta karakteristik material yang dihasilkan. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam pengembangan material berpori berbasis limbah untuk aplikasi di bidang lingkungan, khususnya dalam memahami interaksi zeolit terhadap udara ruangan.